

# Actividad nictemeral y anual de los Diptera (Insecta) en un bosque mediterráneo mixto de Cataluña

Jorge L. Mederos-López

Museu de Ciències Naturals de Barcelona. Departament d'Artròpodes  
Passeig Picasso, sn. 08003 Barcelona  
jmederosl@bcn.cat

Juli Pujade-Villar

Universitat de Barcelona. Facultat de Biologia. Departament de Biologia Animal  
Avda. Diagonal, 645. 08028 Barcelona  
jpujade@ub.edu



Manuscrito recibido en octubre de 2010

## Resumen

El presente estudio se centra en las familias de Diptera muestreadas en un bosque mixto mediterráneo *Pinus-Quercus*, la formación boscosa más extendida dentro del Parc Natural de la Serra de Collserola. Desde abril de 2009 hasta junio de 2010 se muestreó en el dosel y sotobosque del sitio de estudio, resultando ser los Diptera el grupo más abundante y la familia Cecidomyiidae la dominante. La artrópofauna mostró una actividad diurna bimodal durante los meses más cálidos, que evolucionó progresivamente hasta convertirse en unimodal en los meses de invierno. Se discute la fenología de las familias más abundantes de Diptera así como la metodología de muestreos utilizada, basada en segmentos horarios. El 80.4% de todos los artrópodos (y 91.1% del total de Diptera) fue muestreado en el sotobosque.

**Palabras clave:** Diptera; actividad nictemeral; bosque mediterráneo; dosel; sotobosque; fenología; Cataluña.

**Abstract.** *Circadian and annual activity of Diptera (Insecta) in a Mediterranean mixed forest of Catalonia*

This study focuses on the families of Diptera sampled in a Mediterranean mixed forest of *Pinus-Quercus*, the most widespread forest formation in the Collserola Natural Park. From April 2009 to June 2010 were sampled in the canopy and understory of the study site, being Diptera the most abundant group and Cecidomyiidae the dominant family. Arthropofauna showed a bimodal diurnal activity during the warmer months, which progressed to become unimodal in the winter months. We discuss the phenology of the most abundant families of Diptera and the sampling methodology used, based on time segments. 80.4% of all arthropods (and 91.1% of total Diptera) was sampled in the understory.

**Key words:** Diptera; Circadian activity; Mediterranean forest; Canopy; Understory; Phenology; Catalonia.

## Introducción

El presente estudio forma parte de un proyecto a largo plazo sobre la fauna de Insecta presente en el Parc Natural de la Serra de Collserola, un espacio natural de más de 8.000 ha dentro de la Cordillera Litoral Catalana. Esta área natural, con una altitud máxima de 512 m, se encuentra aislada del resto de sierras de la cordillera y limita al sur con la ciudad de Barcelona y el mar Mediterráneo.

Llimona et al. (2000) plantean que la base de la biodiversidad del Parc Natural de Collserola es sin duda la diversidad de su paisaje. Si bien se trata de un espacio eminentemente forestal, hay que reseñar la presencia de distintas unidades de paisaje típicas del mosaico mediterráneo. Los ambientes abiertos situados en la periferia del Parque: cultivos (6.4%), prados secos de cerrillo (*Hyparrhenia hirta*) (3.2%), matorrales claros (14.6%) y maquias (5%), se complementan con los diferentes tipos de bosque presentes en su interior, como son los bosques mixtos de pinares y encinares (60%), encinares con robles (*Quercus cerrroides*) (2.5%), y ambientes de ribera (0.5%). Esta amalgama de paisajes contribuye decisivamente a la gran diversidad de especies presentes en Collserola. Actualmente, según datos procedentes de diversos estudios realizados desde el Parque (Llimona et al., 2000) se reportan para la fauna de Collserola 2.615 especies, de las cuales 1.956 corresponden a especies de insectos citados a lo largo de la historia en el Parque.

## Descripción del área de estudio y características climáticas

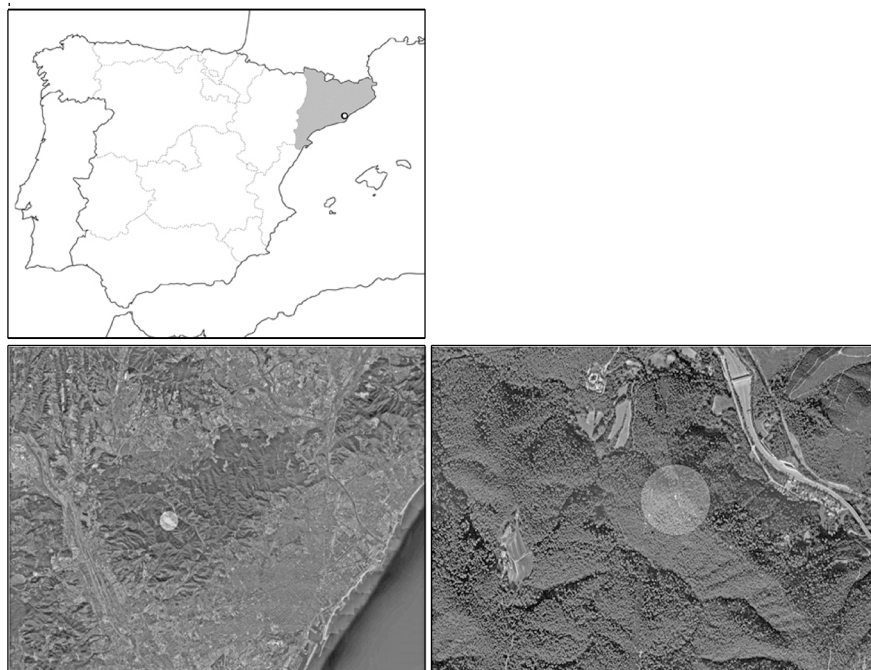
El estudio se desarrolló en un bosque mixto mediterráneo, el más extendido dentro del Parque (fig. 1). El material fue colectado en el Turó de Can Balasc, a una altitud de 290 m (UTM 31TDF2287). En el área se encuentran como especies arbóreas codominantes la encina (*Quercus ilex*) y el pino blanco (*Pinus halepensis*), acompañados de roble (*Q. cerrroides*), madroño (*Arbutus unedo*) y un sotobosque denso dominado por *Erica arborea* y *Viburnum tinus*, entre otras. En este tipo de bosque, al menos en el área estudiada, se observan claramente dos estratos de dosel muy bien diferenciados: un primer estrato situado entre 5-10 m del suelo formado predominantemente por *Q. ilex* y un segundo estrato situado entre 15-23 m aproximadamente formado únicamente por *P. halepensis*. Esta estructura de la vegetación crea una franja intermedia, muy despejada, constituida por los troncos de esta última especie. La cota más alta del dosel en el área la alcanza *P. halepensis*, con unos 25 metros.

El clima de Collserola es de tipo mediterráneo pero con características que le son propias: inviernos suaves, veranos secos y calurosos, oscilación térmica anual y diaria moderada, precipitaciones estacionales en conjunto escasas y fuertemente irregulares. Según los datos históricos acumulados desde 1914 y facilitados por el Observatorio Fabra (2010), la temperatura media anual en el parque es alrededor de 14 °C, siendo enero el mes más frío (7.1 °C) y julio el más cálido (22.8 °C). El total anual medio de precipitaciones es de unos 620 mm, con dos picos húmedos: otoño (octubre: 83.1 mm) y primavera (mayo: 60,4 mm). Tanto los datos tomados en el sitio de estudio, así como la presencia de áreas de la sierra con vertientes hacia

el norte y que reciben una mayor humedad y menos insolación, ofrecen una imagen más exacta de cuánto oscilan estas variables dentro del Parque, lo que hace que en Collserola existan varios microclimas. Teniendo en cuenta el régimen de precipitaciones de esta área, entre otras características, algunos autores no consideran la región noreste de la península ibérica como una zona mediterránea estrictamente dicha (Klausmeyer & Shaw, 2009), aunque desde el punto de vista florístico y faunístico en Collserola convergen la región Eurosiberiana y la Cuenca Mediterránea.

## Materiales y métodos

Para los muestreos se emplearon dos modelos distintos de trampas Malaise: (i) Malaise tipo Townes simplificada (Ento Sphinx s.r.o.), ubicada en el sotobosque (fig. 2) con modificación en el cono de captura superior, mediante la adición de un bote de doble embudo para la separación rápida de las muestras, y (ii) Malaise de interceptación (SLAM Trap II - Standard (MegaView Science Co., Ltd.) con cono inferior (fig. 2) ubicada a 12 m de altura, en el área intermedia entre el dosel superior que forma *P. halepensis* y sobre el primer estrato, o dosel inferior, formado por *Q. ilex* y demás especies, la cual utiliza el mismo principio que la trampa Malaise



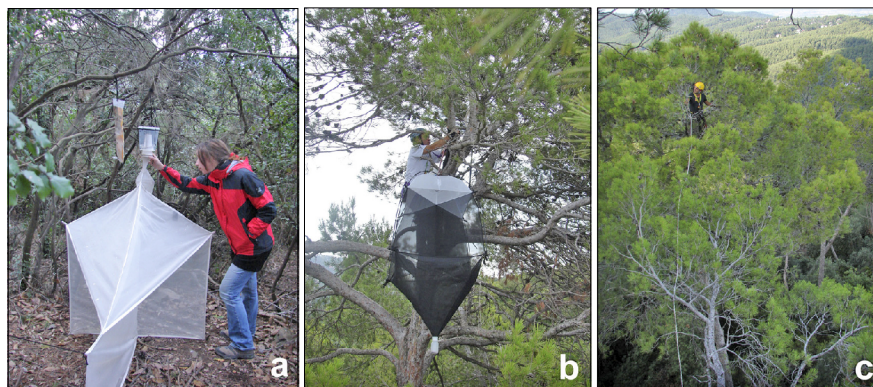
**Figura 1.** Localización del área de estudio, Turó de Can Balasc, Parc de Collserola, Barcelona, Cataluña.

Townes. Ambas trampas fueron ubicadas en la misma vertical. Los muestreos en el dosel comenzaron a ejecutarse en junio de 2009 debido a la pérdida de las trampas durante los meses anteriores, a causa de los fuertes vientos en ese estrato. El acceso al dosel superior se realizó mediante técnicas de progresión por cuerdas (fig. 2), comúnmente utilizadas en las prospecciones de estos estratos (Moffett & Lowman, 1995; Mitchell et al., 2002). El material colectado se encuentra depositado en la Estación Biológica Can Balasc (P. N. de la Serra de Collserola), y en la colección privada del autor.

La metodología de muestreos fue creada para determinar tanto la actividad nicotemeral de las familias y especies así como, dado el caso, la posible migración vertical de estas entre el dosel y el sotobosque durante las horas del día y la noche, sin el empleo de ningún tipo de atrayente, feromonas o luz durante los muestreos nocturnos. El estudio de las especies de los distintos grupos capturados será motivo de estudios posteriores. Aquí se presentan los datos referidos a las familias del orden Diptera.

En concordancia con la información ofrecida por el Observatorio Astronómico Nacional (2009, 2010) sobre la salida y puesta del sol en el área estudiada, se establecieron 12 intervenciones de muestreos anuales (una mensual) de 48 h continuadas. De esta forma, se muestrearon un total de 30 días a lo largo de 15 meses. Cada intervención mensual contó con un máximo de once segmentos o franjas horarias de muestreos a lo largo de 24 h, los cuales varían su número y duración dependiendo de la época del año y de si se trata de segmentos diurnos o nocturnos (tabla 1). Las horas de insolación marcan el número de segmentos de muestreo diurno, mientras que el muestreo nocturno se ha realizado de forma unitaria (1 segmento). La duración de cada segmento diurno es de 1.5 horas.

Diversos autores han realizado estudios similares para grupos concretos de Diptera. Por mencionar algunos, estudios sobre estacionalidad y actividad diurna



**Figura 2.** Trampas utilizadas durante el estudio, **a**: Malaise ubicada en el sotobosque; **b**: Malaise ubicada en el dosel. Imagen **c**: acceso mediante técnicas de cuerdas y muestreos en el estrato superior del dosel formado por *Pinus halepensis*.

y nocturna de especies y familias con importancia médica, utilizando en la mayoría de los casos trampas de luz, con atrayentes y con recolección u observación directa sobre hospederos atacados por especies hematófagas (Kappmeier, 2000; Burkett et al., 2001; Caglar et al., 2003; Reyes-Villanueva et al., 2006; Galindo-Velasco et al., 2008). También, Vecín et al. (2002) y Carles-Tolrá & Saloña (2004) emplearon una metodología similar por fragmentación de muestreos con Malaise para determinar cuáles especies de insectos eran estrictamente nocturnas y cuales crepusculares, como parte de un estudio sobre la dieta de algunas especies de murciélagos en la provincia de Bizkaia. Oliveira et al. (2007) estudiaron la estacionalidad y la actividad diurna de Tabanidae, en el dosel de un bosque primario en el Amazonas (Brasil), utilizando una trampa de atracción por dióxido de carbono, suspendida a 20 m sobre el suelo. Quincenalmente y durante un año (dos muestreos mensuales de un día) tomaron muestras desde las 06:00 h a las 18:00 h, retirando el material de la trampa en intervalos de 2 horas. La ubicación de esta área de estudio, muy cercana al ecuador, permitió a los investigadores el uso del mismo horario de muestreo durante todo el año debido a la poca variación de la intensidad de la luz a lo largo de las estaciones (Dr. J. A. Rafael, *com. pers.*).

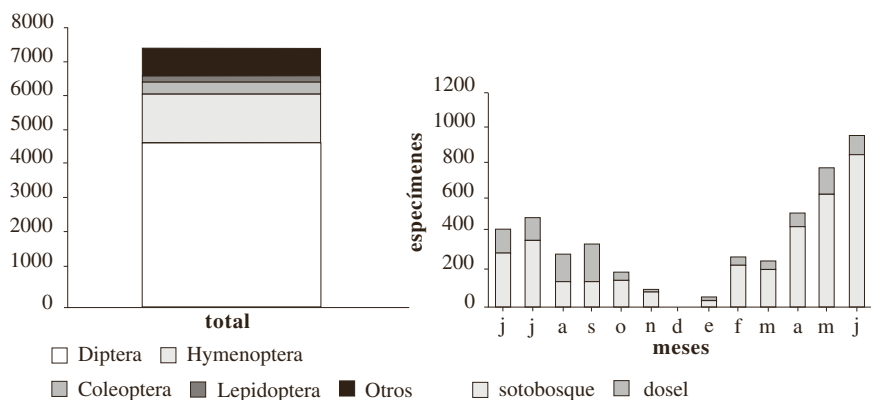
En ambas trampas se usó, tanto para la captura del material como para la conservación, etanol al 70%. Se registró además la temperatura y la humedad relativa para cada segmento de muestreo en ambas trampas. No se excluyó ningún espécimen capturado de ningún grupo. Para la separación e identificación de las muestras por familias se siguió la guía de identificación para Díptera de Europa (Oosterbroek, 2006).

**Tabla 1.** Metodología de muestreos por segmentación propuesta en este trabajo

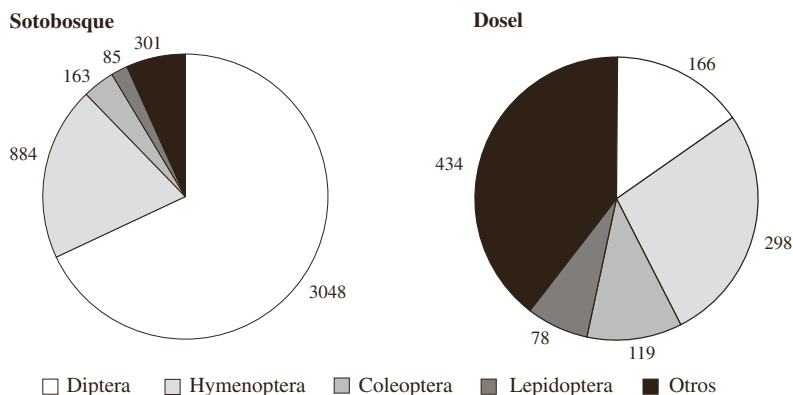
Mes	Segmentos de muestreos	
	Diurnos	Nocturnos
enero	7 (10,5 h)	1 (13,5 h)
febrero	8 (12 h)	1 (12 h)
marzo	8 (12 h)	1 (12 h)
abril	9 (13,5 h)	1 (10,5 h)
mayo	9 (13,5 h)	1 (10,5 h)
junio	10 (15 h)	1 (9 h)
julio	9 (13,5 h)	1 (10,5 h)
agosto	9 (13,5 h)	1 (10,5 h)
septiembre	8 (12 h)	1 (12 h)
octubre	7 (10,5 h)	1 (13,5 h)
noviembre	7 (10,5 h)	1 (13,5 h)
diciembre	6 (9 h)	1 (15 h)

## Resultados

Se analizan los resultados de las capturas realizadas entre los meses de abril del 2009 a junio del 2010. Según los muestreos en ambos estratos, el orden Diptera resultó ser el grupo de Insecta dominante. Del total de artrópodos muestreados de abril del 2009 a junio del 2010 (7.152 especímenes), 4.542 corresponden a Diptera, lo cual representa un 63.5% del total de capturas, seguidos por los Hymenoptera (1.356/19%), Coleoptera (321/4.5%) y Lepidoptera (176/2.5%). Como ya ha sido mencionado, los muestreos en el dosel comenzaron a ejecutarse en junio del 2009. Con 3.048 especímenes, el sotobosque aportó el 91.1% del total de dípteros colectados (gráficas 1 y 2) y el 80.4% del total de artrópodos (4.481 especímenes) entre 06/2009 a 06/2010.



**Gráfica 1.** Total de especímenes de Insecta muestreados (04/2009 a 06/2010) y aporte al total de muestreos por estratos y meses, de 06/2009 a 06/2010 (12/2009 no se realizaron muestreos).



**Gráfica 2.** Especímenes muestreados, por estratos, de los cuatro órdenes de Insecta más abundantes en el área de estudio, de 06/2009 a 06/2010.

Los Nematocera (tabla 2) se mostraron más abundantes que Brachycera, aportando el 62.5% del total de capturas durante el período que abarca de abril de 2009 a junio de 2010 (una ratio aprox. 1.7 a 1). Febrero de 2010 fue el único mes donde Brachycera superó en número de ejemplares muestreados a Nematocera (gráfica 3), aunque este resultado se debió casi por completo al aporte de una única familia, Phoridae (tabla 2).

Un total de treinta familias de Diptera fueron muestreadas en ambos estratos (tabla 2). Cecidomyiidae resultó la familia más abundante, con un total de 1.629 especímenes, seguida por Phoridae (1.433) y Sciaridae (687). La familia Cecidomyiidae representa el 36% del total de Diptera y entre las tres familias anteriores engloban el 83% del total de dípteros capturados. Los meses con menor diversidad, reflejada a través de un menor número de familias colectadas, fueron noviembre de 2009 y enero de 2010 (7 familias) mientras que en junio de 2010 se colectaron un total de 19 familias. En cuanto a la abundancia, igualmente junio de 2010 aportó el pico mayor de especímenes con 751, mientras que en enero sólo se capturaron 48 ejemplares, el 48% de los cuales pertenecieron a una sola familia, Sciaridae.

## Discusión

### *Actividad anual*

En el ámbito de la Península Ibérica, Pujade-Villar (1996) y Durán-Alarcón et al. (1998) observaron un resultado similar tras un estudio realizado en la cordillera de Pirineos mediante trampa Malaise, donde Nematocera fue numéricamente dominante en particular gracias a la familia Cecidomyiidae, que resultó la más numerosa.

La fenología de las tres familias dominantes en el área (Cecidomyiidae, Phoridae y Sciaridae) muestra una curva anual similar que coincide con la llegada de la primavera y los meses más cálidos y una reducción de la actividad durante los meses invernales, con máximos de abril a junio y picos discretos en septiembre tras una caída progresiva de la actividad hasta agosto (gráfica 4). Wolda (1988) planteó que en los bosques con una marcada estación seca, los períodos de máxima actividad de los insectos tienden a ser más pronunciados y continuar por períodos más cortos que en los bosques menos estacionales. Encontró además, en un estudio desarrollado en la Isla de Barro Colorado (Panamá), que los picos de actividad de los insectos se correlacionaron significativamente tanto con el inicio como el final de la estación seca (Wolda, 1989). La observación en 2010 del desplazamiento hacia principios de verano del máximo pico de actividad se muestra más como una consecuencia de los altos registros de precipitación de esos meses (gráfica 4), si se le compara con igual período de 2009, que con el aumento de las temperaturas conforme se aproximaba la primavera y el principio del verano. Mientras los valores máximos en 2009 se alcanzaban en abril, con una subsiguiente caída hasta agosto (gráfica 3), en 2010 este mismo valor no llegó hasta junio.

Referente a los trazos particulares de cada familia observada en el sotobosque, aunque los Sciaridae mostraron un pico durante abril de 2009, y en general una

**Tabla 2a.** Total especímenes de Díptera muestreados por familias en el sotobosque mediante trampas Malaise entre 04/2009 y 06/2010 (en 12/2009 no se realizaron muestreos)

Sotobosque	2009								2010						Total
Familias	a	m	j	j	a	s	o	n	e	f	m	a	m	j	sotobosque
'Nematocera'															2693
Limoniidae	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	1
Mycetophilidae	63	8	6	–	–	–	23	21	4	19	43	6	13	11	217
Keroplatidae	–	6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	4	11
Sciaridae	161	82	3	14	7	35	6	43	23	25	68	55	57	64	643
Cecidomyiidae	142	288	92	146	23	68	43	4	2	5	22	152	261	327	1575
Psychodidae	3	14	–	–	–	–	–	–	–	2	–	2	7	2	30
Culicidae	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	2
Simuliidae	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0
Ceratopogonidae	25	2	–	–	–	–	1	–	–	–	1	–	2	1	32
Chironomidae	66	2	–	–	–	11	10	–	8	12	17	7	13	36	182
'Brachycera'															1683
Stratiomyidae	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0
Therevidae	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1
Asilidae	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	2
Hybotidae	6	1	–	–	2	–	–	–	–	–	2	3	–	1	15
Dolichopodidae	–	16	3	6	8	–	–	–	–	–	–	–	11	21	65
Phoridae	246	142	49	51	28	106	46	14	2	143	54	115	201	230	1427
Syrphidae	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	3
Pipunculidae	–	1	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2
Sepsidae	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	1
Chloropidae	–	19	4	2	–	–	–	–	–	–	–	–	1	23	49
Heleomyzidae	4	–	–	–	–	13	–	8	1	10	4	2	1	2	45
Trioxscelididae	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0
Sphaeroceridae	3	2	–	–	–	1	–	–	–	1	–	–	1	3	11
Ephydriidae	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	1
Drosophilidae	4	–	1	–	–	–	–	–	–	–	1	2	–	–	8
Scathophagidae	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1
Anthomyiidae	2	2	1	–	–	–	–	–	–	–	–	1	2	2	10
Fanniidae	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1
Muscidae	2	9	4	3	–	–	2	–	–	–	6	–	1	4	31
Tachinidae	–	5	1	–	1	1	–	–	–	–	–	–	2	–	10
Total Diptera	729	599	166	225	69	235	131	90	41	218	219	343	576	735	4376



**Tabla 2b.** Total especímenes de Díptera muestreados por familias en el dosel mediante trampas Malaise entre 06/2009 y 06/2010 (en 12/2009 no se realizaron muestreos)

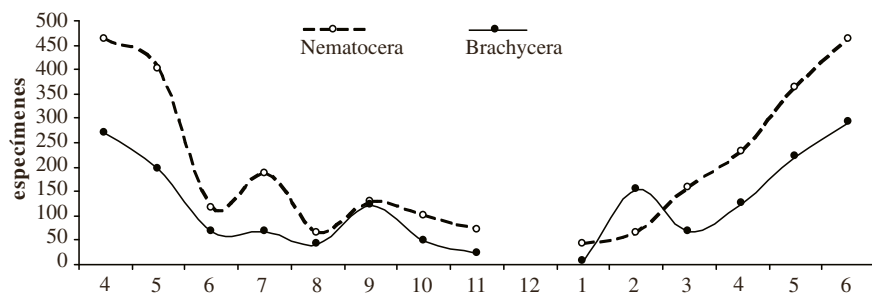
Dosel	2009						2010						Total dosel	Total sotobosque+dosel
Familias	j	j	a	s	o	n	e	f	m	a	m	j		
<b>'Nematocera'</b>													<b>148</b>	<b>2841</b>
Limoniidae	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0	1
Mycetophilidae	–	–	–	–	–	–	2	–	1	–	1	–	4	221
Keroplastidae	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0	11
Sciaridae	8	21	5	2	–	–	–	–	2	2	1	3	44	687
Cecidomyiidae	4	3	26	7	–	–	–	–	–	2	4	8	54	1629
Psychodidae	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	1	31
Culicidae	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0	2
Simuliidae	–	–	2	–	–	–	–	–	–	–	–	1	3	3
Ceratopogonidae	2	–	2	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	37
Chironomidae	1	–	–	4	16	1	3	1	3	4	1	3	37	219
<b>'Brachycera'</b>													<b>18</b>	<b>1701</b>
Stratiomyidae	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	1	2	2
Therevidae	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0	1
Asilidae	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0	2
Hybotidae	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0	15
Dolichopodidae	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	1	66
Phoridae	–	1	–	1	–	–	2	–	–	2	–	–	6	1433
Syrphidae	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	4
Pipunculidae	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0	2
Sepsidae	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0	1
Chloropidae	–	1	3	–	–	–	–	–	–	–	–	1	5	54
Heleomyzidae	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0	45
Trixoscelididae	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	1
Sphaeroceridae	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0	11
Ephydriidae	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0	1
Drosophilidae	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0	8
Scathophagidae	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	1	2
Anthomyiidae	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0	10
Fanniidae	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0	1
Muscidae	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0	31
Tachinidae	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	11
<b>Total Díptera</b>	<b>16</b>	<b>26</b>	<b>39</b>	<b>14</b>	<b>18</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>166</b>	<b>4542</b>

mayor actividad durante la primavera, su aporte al total de Diptera se incrementó durante los meses más fríos, llegando a ocupar un papel dominante. Mientras en los meses más cálidos representaba entre el 8.8% y 17.3% del total de las tres familias dominantes en su conjunto, en invierno representó entre 31.4% y 85.1%. Los Cecidomyiidae, por su parte, mostraron un claro declive de la actividad durante los meses más fríos, acumulando de octubre a marzo sólo el 4.8% (76 especímenes) del total de esta familia muestreados en el sotobosque y durante todo el estudio (1.575 especímenes). Tras el pico de septiembre de 2009, una pauta generalizada en estas tres familias, los Phoridae destacaron de forma importante en febrero de 2010 (143 especímenes), un nivel que no alcanzaba desde mayo de 2009 (142). Los Mycetophilidae (221) y Chironomidae (219), también destacaron en el conjunto de Diptera y mostraron una curva anual de actividad similar (gráfica 4).

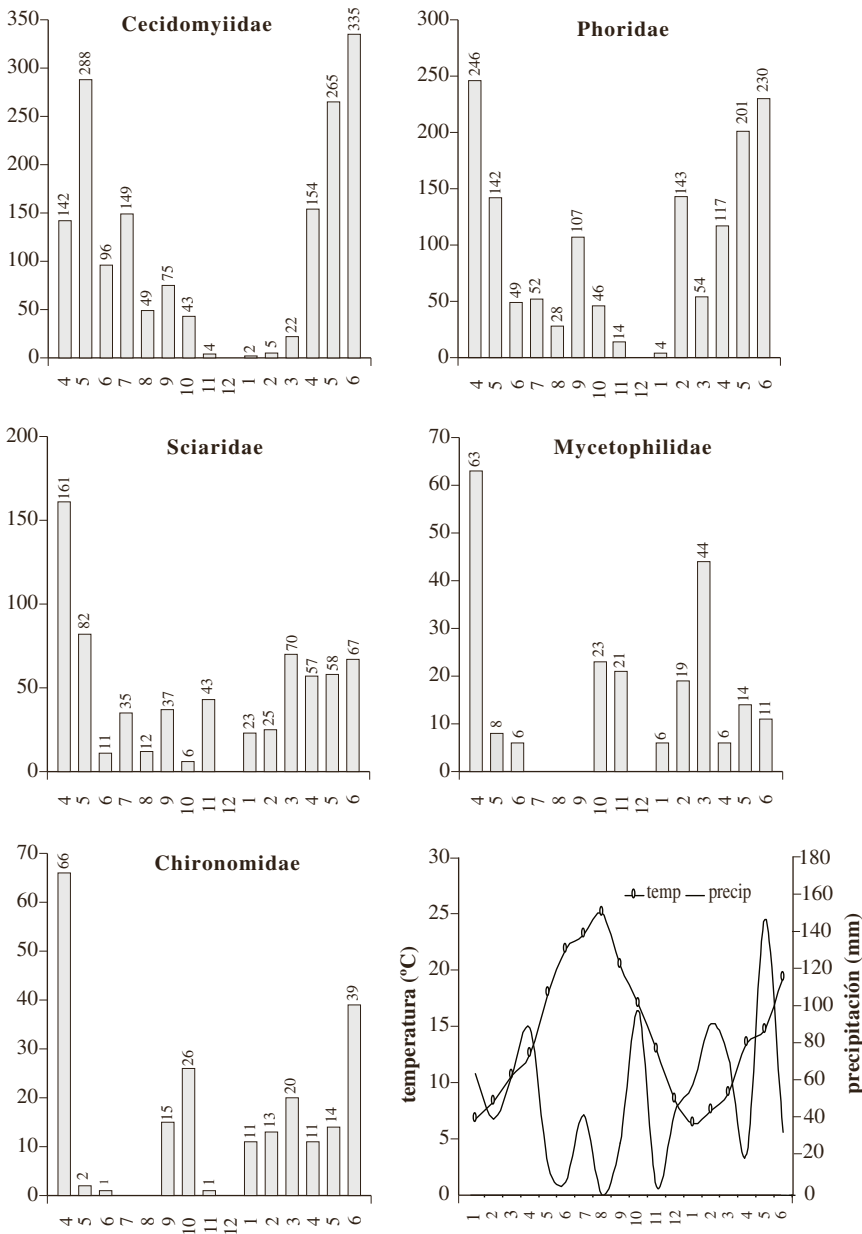
### Actividad nictemeral

La fenología de muchas especies de Diptera ha sido abordada desde diversos puntos de vista. Aunque el fotoperíodo es uno de los más importantes reguladores de la actividad en los insectos, otros factores ambientales como la temperatura y la humedad pueden modificar o regular la actividad de las especies (Kimura, 1988; Murillo et al., 1988; Kurokawa et al., 2004; Gilbert, 1985). Durante nuestro estudio se observó un claro comportamiento bimodal en la actividad diurna de los Diptera durante los meses de primavera y verano (gráfica 5, tabla 3a), con un pico menor entre las 11:30 h y las 13:00 h y otro mayor entre las 17:30 h y las 20:30 h. Esta actividad se hizo más evidente conforme avanzó el verano y con el aumento de la temperatura. En otoño se observó un cambio paulatino de la actividad hasta convertirse en unimodal en la estación invernal (gráfica 5, tabla 3b-c), con un único pico coincidiendo con los valores máximos de temperatura registrados durante el día.

Kappmeier (2000) identificó picos concretos de actividad diurna en *Glossina brevipalpis* (Newstead, 1911) (Glossinidae) con picos al amanecer y al atardecer, siendo el pico de la tarde el principal período de actividad diurna, que ocurrió entre 1-2 h antes del anochecer y durante el comienzo de esta, proponiendo que

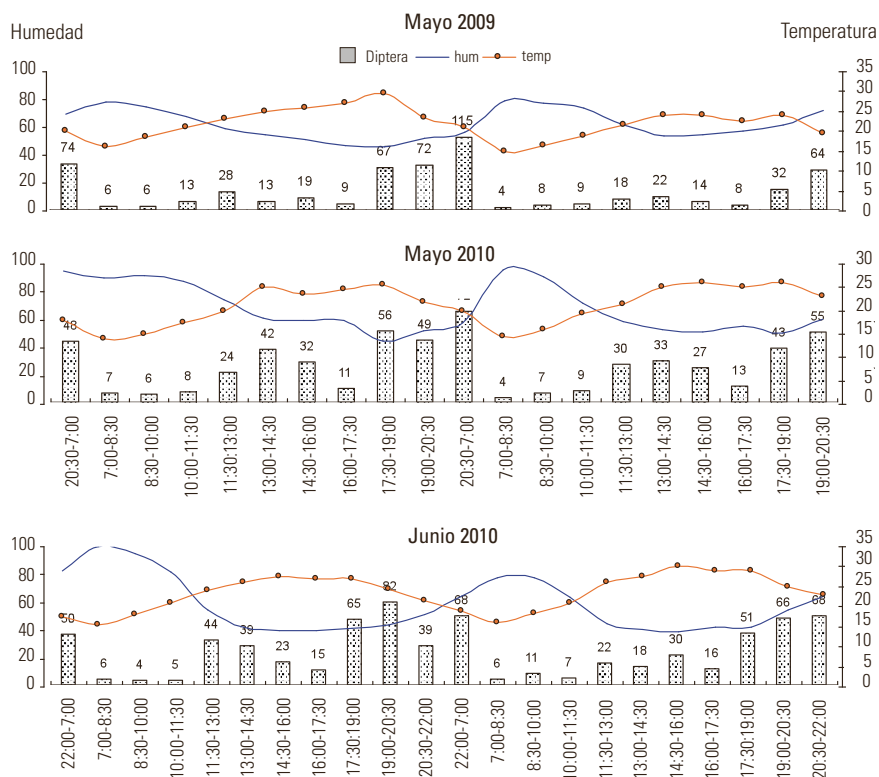


**Gráfica 3.** ‘Nematocera’ y ‘Brachycera’ muestreados en ambos estratos, de 04/2009 a 06/2010.



**Gráfica 4.** Fenología de las cinco familias de Díptera más abundantes en el área de estudio; número de especímenes muestreados de abril de 2009 a junio de 2010 y valores medios de temperatura y de precipitación acumulada de enero de 2009 a junio de 2010 (datos meteorológicos ofrecidos por el Observatori Fabra).

la amplitud de estos picos podría estar modulada principalmente por la temperatura; Grillet et al. (2005) encontraron una actividad diurna bimodal en algunas especies de Simuliidae, semejante a la observada en nuestra área, con un pico menor a media mañana y otro mayor hacia las 16:00 h. En nuestro caso el comportamiento unimodal observado durante los meses más fríos se vio afectado directamente por la temperatura, pudiendo ser desplazado dos o tres horas después del segmento diurno al que correspondería normalmente una mayor radiación solar. Cuando la temperatura no aumentó progresivamente durante la mañana y entrada la tarde, el pico de actividad se retrasó hasta el penúltimo segmento diurno (ej. segundo día de muestreos de 02/2010, gráfica 6). Un efecto similar ocurre durante los meses más cálidos, donde se observó una disminución de la actividad cuando las temperaturas bajaron puntualmente como resultado de eventos lluviosos puntuales (ej. los segmentos de la tarde del segundo día de muestreos de 05/2009, gráfica 5). En este sentido, Tal et al. (2008), en un estudio en bosques templados de Europa central de abril a junio, observaron una inversión de los valores durante las horas

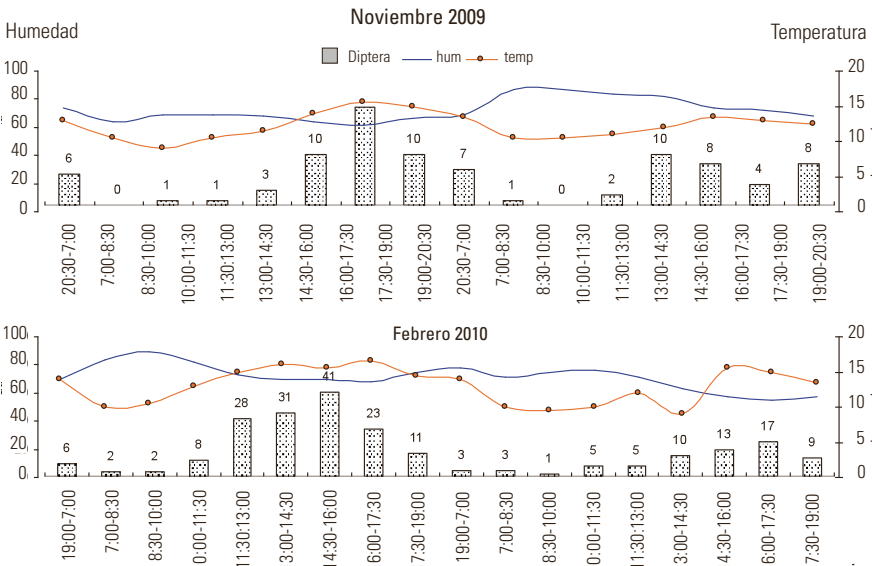


**Gráfica 5.** Actividad bimodal mostrada por los especímenes de Diptera capturados en el sotobosque durante las intervenciones de 48 h de 05/2009, 05/2010 y 06/2010.

diurnas más propio del segmento nocturno, con una bajada de las temperaturas y aumento de la humedad debido a eventos lluviosos y al cual denominaron efecto «noche».

En términos generales se evidenció una preferencia clara, y por la mayor parte de la fauna, a desarrollar su actividad en las últimas horas de la tarde. El tramo correspondiente a los últimos dos segmentos de la tarde, antes del segmento nocturno, resultó cohesionar la máxima diversidad con 21 familias (77.8%) del total de 27 familias muestreadas en el sotobosque. Excepto la familia Scathophagidae, encontrada en ambos estratos, las otras cinco familias no muestreadas en estos segmentos de la tarde (Therevidae, Pipunculidae, Sepsidae, Fanniidae y Culicidae) se encontraron exclusivamente en el sotobosque (tabla 2a), aunque la observación directa y muestreos manuales a esas horas nos llevó a constatar la presencia remarcada de especímenes de Culicidae (*Aedes albopictus* Skuse 1895 y *Culex sp.*). Por otra parte, la franja del día con menor diversidad detectada en este estrato correspondió a la que agrupa los dos primeros segmentos de la mañana, donde sólo se muestrearon 10 familias (37%).

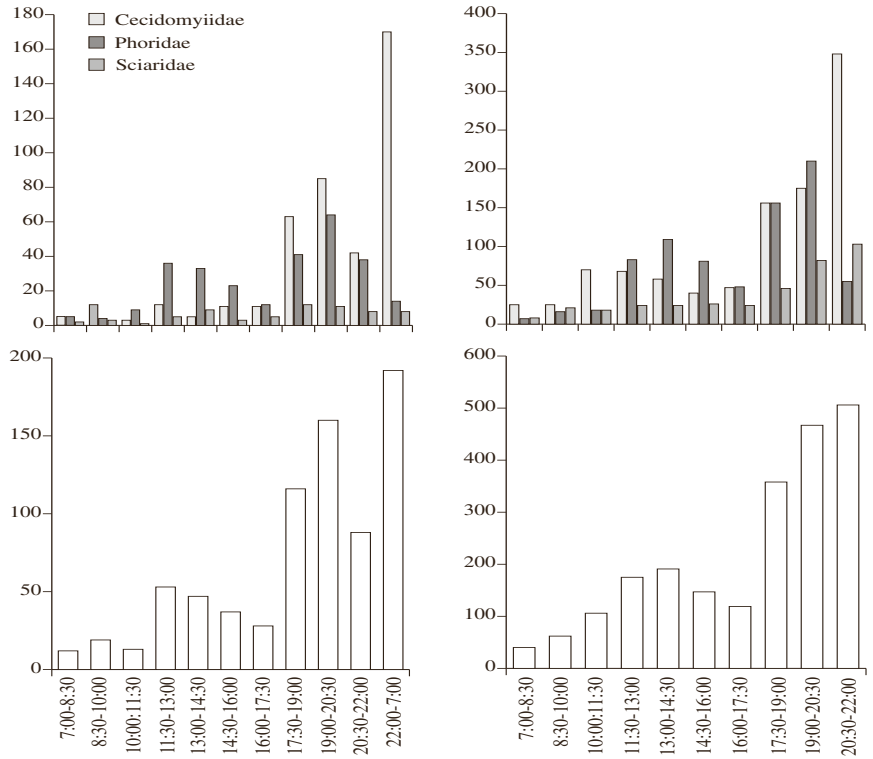
En relación a las tres familias dominantes, el 47% del total de especímenes fueron muestreados sólo en los tres últimos segmentos del día (1.711), mientras en los tres primeros segmentos de la mañana sólo se muestrearon 302 (8.3%). Por otra parte, el 37.7% de los especímenes de Cecidomyiidae (594) se muestrearon durante los segmentos nocturnos, una cifra superior a la mostrada por los Sciaridae (24.4% /157) y finalmente a los Phoridae (6% /86), que demostró una evidente preferencia por la actividad diurna.



**Gráfica 6.** Actividad unimodal mostrada por los especímenes de Díptera capturados en el sotobosque durante las intervenciones de 48 h de 11/2009 y 02/2010.

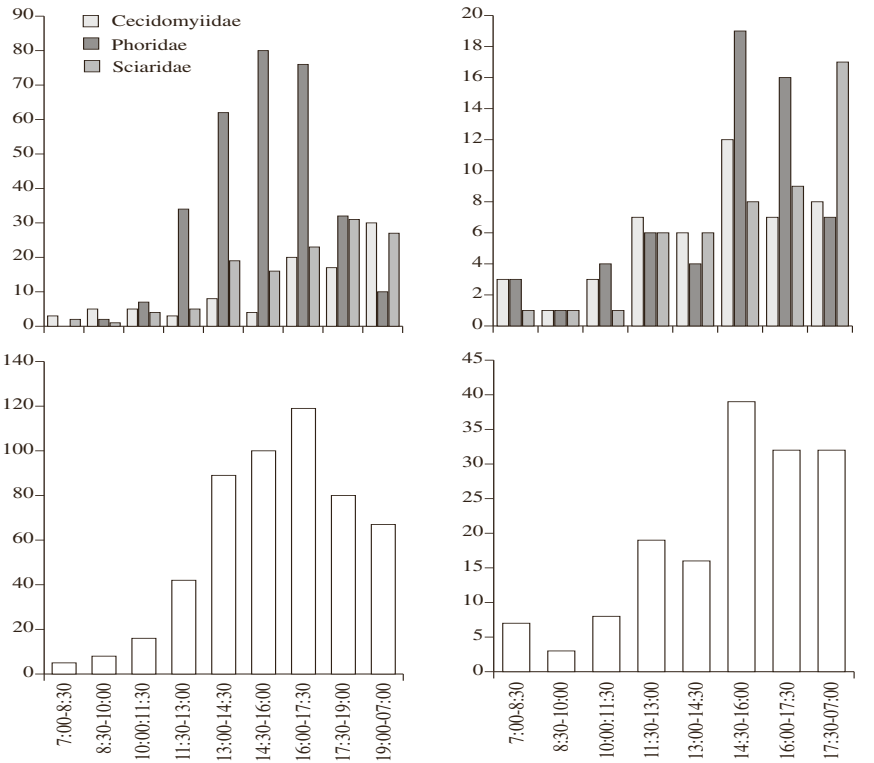
**Tabla 3A.** Datos de especímenes muestreados de las tres familias de Diptera dominantes en el sitio de estudio, capturados en el sotobosque mediante Malaise y agrupados por meses con igual segmentación de muestreos (11 para el mes de junio y 10 segmentos para otros meses con la misma distribución horaria durante el periodo de muestreo), de 04/2009 a 06/2010. Los segmentos en **negrita** señalan el segmento nocturno. La gráfica superior muestra los valores aportados por cada familia, y la inferior, los valores totales de cada agrupamiento

Junio				Abril, mayo, julio, agosto			
Segmentos	Cecidomyiidae	Phoridae	Sciaridae	Segmentos	Cecidomyiidae	Phoridae	Sciaridae
7:00-8:30	5	5	2	7:00-8:30	25	7	8
8:30-10:00	12	4	3	8:30-10:00	25	16	21
10:00-11:30	3	9	1	10:00-11:30	70	18	18
11:30-13:00	12	36	5	11:30-13:00	68	83	24
13:00-14:30	5	33	9	13:00-14:30	58	109	24
14:30-16:00	11	23	3	14:30-16:00	40	81	26
16:00-17:30	11	12	5	16:00-17:30	47	48	24
17:30-19:00	63	41	12	17:30-19:00	156	156	46
19:00-20:30	85	64	11	19:00-20:30	175	210	82
20:30-22:00	42	38	8	<b>20:30-7:00</b>	<b>348</b>	<b>55</b>	<b>103</b>
<b>22:00-07:00</b>	<b>170</b>	<b>14</b>	<b>8</b>				

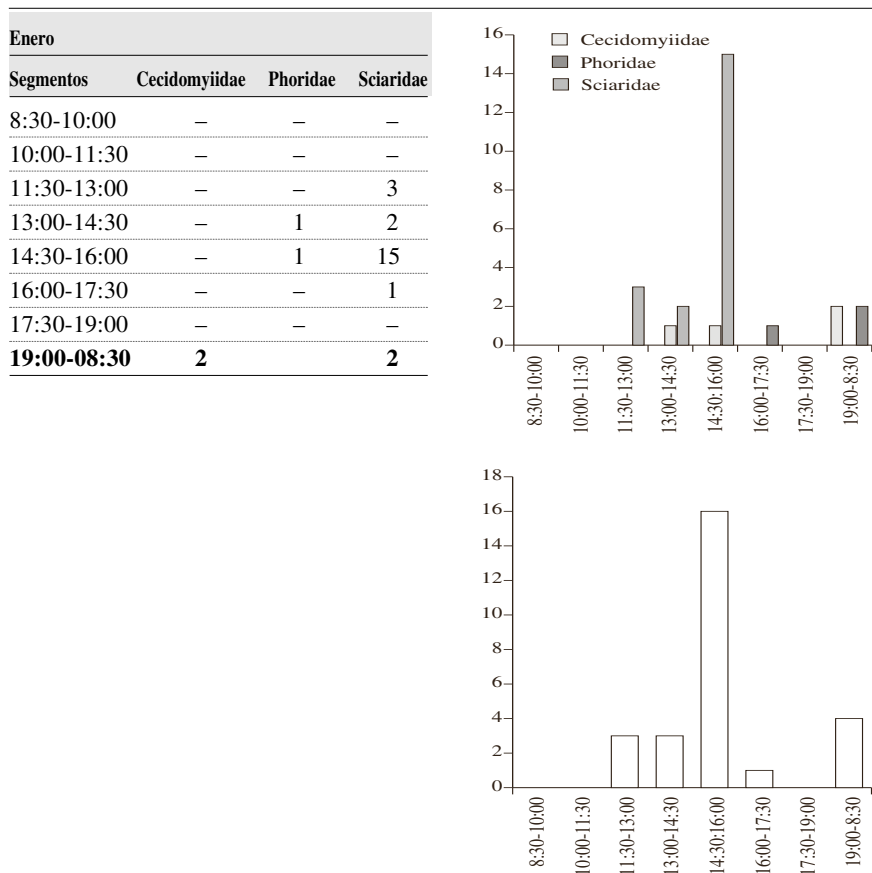


**Tabla 3B** (cont. 1). Datos de especímenes muestreados de las tres familias de Díptera dominantes en el sitio de estudio, capturados en el sotobosque mediante Malaise y agrupados por meses con igual segmentación de muestreos (9 y 8 segmentos para los meses que presentan la misma distribución horaria durante el periodo de muestreo, de 04/2009 a 06/2010. Los segmentos en **negrita** señalan el segmento nocturno. La gráfica superior muestra los valores aportados por cada familia, y la inferior, los valores totales de cada agrupamiento

Febrero, marzo, septiembre				Octubre, noviembre			
Segmentos	Cecidomyiidae	Phoridae	Sciaridae	Segmentos	Cecidomyiidae	Phoridae	Sciaridae
7:00-8:30	3	0	2	7:00-8:30	3	3	1
8:30-10:00	5	2	1	8:30-10:00	1	1	1
10:00-11:30	5	7	4	10:00-11:30	3	4	1
11:30-13:00	3	34	5	11:30-13:00	7	6	6
13:00-14:30	8	62	19	13:00-14:30	6	4	6
14:30-16:00	4	80	16	14:30-16:00	12	19	8
16:00-17:30	20	76	23	16:00-17:30	7	16	9
17:30-19:00	17	32	31	<b>17:30-07:00</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>17</b>
<b>19:00-07:00</b>	<b>30</b>	<b>10</b>	<b>27</b>				



**Tabla 3C** (cont. 2). Datos de especímenes muestreados de las tres familias de Diptera dominantes en el sitio de estudio, capturados en el sotobosque mediante Malaise y agrupados por meses con igual segmentación de muestreos (8 segmentos horarios para el mes de enero), de 04/2009 a 06/2010. Los segmentos en negrita señalan el segmento nocturno. La gráfica superior muestra los valores aportados por cada familia, y la inferior, los valores totales de cada agrupamiento; en diciembre del 2009 no se realizaron muestreos



### *Sotobosque versus dosel*

Se aprecia una diferencia muy marcada en cuanto a la abundancia de Insecta entre los dos estratos muestreados (gráfica 2) mientras ambas trampas operaron conjuntamente (de junio de 2009 a junio de 2010), con una muy superior actividad en el sotobosque. En cuanto a Diptera, de las 30 familias que se muestrearon en total en ese período, 15 se encontraron en el dosel, y de ellas, 3 se encontraron exclusivamente en él (tabla 2b), mientras que 15 familias se encontraron exclusivamente en el sotobosque y 12 compartieron ambos estratos.



Aproximadamente el 95% de la fauna muestreada en el dosel corresponde a especímenes capturados en el cono inferior de la Malaise de interceptación, gran parte de ellos pertenecientes a grupos con poca o nula actividad de vuelo (Araneae, Collembola, Acari y Formicidae, por ejemplo). Mientras estos grupos engloban el 40% del total de artrópodos muestreados en el dosel (gráfica 2), sólo representan el 6.7% del total muestreado en el sotobosque durante el mismo período.

En el caso particular de Díptera, fue más notable la diferencia en los muestreos de ambos estratos (gráfica 2, tabla 2a-b) donde el sotobosque estuvo dominado claramente por dicho grupo (con una ratio de 18.2 a 1). Este resultado concuerda con estudios similares realizados en bosques templados, donde el sotobosque alberga mucha más diversidad y cantidad de artrópodos que el dosel, entre ellos Díptera. Preisser et al. (1998) al estudiar un bosque templado encontraron que muchos de los artrópodos tenían ciclos de vida estrechamente vinculados a los recursos cercanos al suelo del bosque, algo que contrasta con lo estudiado en bosques tropicales, donde la abundancia y la diversidad de artrópodos en el dosel es muy superior y en muchos casos con una vida totalmente vinculada a este estrato. En el caso de un bosque mediterráneo mixto, como el estudiado, este no presenta marcadas diferencias entre las estaciones en cuanto a la pérdida de vegetación, contrariamente a como ocurre en bosques templados de Europa, donde la mayor parte de los recursos durante el invierno se encuentran a nivel del suelo. La presencia en nuestro sitio de especies arbóreas dominantes de hoja perenne, con solo unas pocas especies caducifolias, y de un denso dosel y sotobosque, ofrecen en este sentido una gran diversidad de recursos disponibles a lo largo del año y en ambos estratos. No obstante, los resultados de la actividad de la fauna en el área evidencian un fuerte declive durante los meses invernales, así como una marcada irregularidad en la distribución vertical de la fauna de artrópodos.

Los valores medios de temperatura en el dosel durante la estación invernal fueron entre 0.8 y 1.2 °C más altos que a nivel del suelo, aunque estos valores suelen invertirse en determinadas condiciones o llegar puntualmente a mostrarse hasta 6 °C más caliente el dosel que el sotobosque. De igual manera, durante los meses más cálidos los valores medios de temperatura en el dosel oscilaron entre 1.2 y 2.0 °C por encima de los valores registrados en el sotobosque, con valores puntuales superiores hasta en 5.5 °C. Al igual que la temperatura, la oscilación de la humedad durante el día en el sotobosque fue menos pronunciada que en el dosel y durante todo el año se mantuvo entre un 13.0% y 13.5% más alta, con lecturas puntuales en los meses más cálidos de hasta 36% más de humedad en el sotobosque. La diferencia vertical de temperatura y humedad relativa, registrada durante los meses más cálidos (abril-agosto), reveló valores mínimos de temperatura y máximos de humedad relativa durante la noche, mientras que la máxima de temperatura y la mínima de humedad se registraron durante la tarde. Tal et al. (2008) obtuvieron un resultado similar en bosque templado, lo cual revelaba la existencia de un gradiente vertical, con un estrato superior del dosel que se mostró más caliente y seco que el sotobosque a nivel del suelo.

Por el momento los datos obtenidos a partir de los muestreos en el dosel son pobres y dispersos, muy lejos de ser significativos para ofrecer una interpretación

concluyente sobre la actividad de ninguna de las familias de Diptera observadas en él. De las tres familias muestreadas exclusivamente en el dosel, los Stratiomyidae estuvieron representados únicamente por la especie *Zabrachia minutissima* (Zetterstedt, 1838), con dos especímenes capturados en abril y mayo de 2010 (posteriormente a estas fechas se capturaron cinco especímenes de la misma especie en el dosel entre agosto y septiembre de 2010, datos no contabilizados para este estudio).

El 80.4% del total de artrópodos (y el 91.1% del total de Diptera) fue muestreado en el sotobosque, lo que revela una desigual o escasa estratificación vertical o distribución de la fauna de artrópodos. La actual masa forestal en el área de estudio posee una madurez aproximada de 70-80 años (Raspall et al., 2004), producto de la tala y demás actividades silvícolas realizadas en la siera hasta principios del siglo XX. Horschler & Morawetz (2008) plantearon que la escasa estratificación vertical de la fauna de artrópodos en los bosques templados centroeuropeos puede deberse en parte al manejo forestal al que se encuentran sometidos, con una homogeneidad en la edad de las plantaciones de una o pocas especies de árboles explotadas, y de la poca o ausente madera muerta, en pie o caída. Añaden además, que los bosques maduros ofrecen, gracias a su riqueza estructural, condiciones microclimáticas que favorecen una heterogeneidad de hábitats a los artrópodos del dosel, así como una heterogénea distribución de recursos como madera muerta, estructuras de la corteza, follaje, flores y gran variedad de recursos tróficos a lo largo del espacio y tiempo. En el caso de los bosques mediterráneos, se identifican las mismas problemáticas en lo concerniente al manejo forestal, saneamiento y eliminación de árboles viejos y de cómo repercute de forma directa en la recuperación de la biodiversidad (Viñolas, 2009; Viñolas et al., 2009; Nieto & Alexander, 2010).

La actual estructura de la cobertura vegetal del sitio estudiado se verá transformada a medio-largo plazo. La tasa de mortalidad de *P. halepensis* en el área, unido al hecho de no ser una especie autóctona, permiten vislumbrar una evolución hacia un encinar que responde a la estructura y la composición del típico bosque mediterráneo, dominado principalmente por *Q. ilex* (Raspall et al., 2004). Este último tipo de formación boscosa conlleva un cambio profundo en el ecosistema, con el establecimiento de un dosel muy cerrado, denso, que impide en gran medida la llegada de la luz solar al suelo y con la consiguiente transformación del sotobosque. Será, por tanto, de interés el seguimiento de esta evolución y el cómo se verá afectada la composición y la distribución de la fauna de artrópodos en el área.

## Conclusiones

A modo de resumen, el orden Diptera fue el grupo de Insecta más abundante en el sitio estudiado, donde la familia Cecidomyiidae resultó dominante, seguida de los Phoridae y los Sciaridae. Tanto los Diptera, así como la fauna de artrópodos en general, mostraron un claro pico de actividad con la llegada de la primavera, seguido de un descenso paulatino de la actividad a medida que avanzaron los meses más cálidos, para luego mostrar un segundo pico mucho más discreto en septiembre, justo antes de la llegada del otoño. De igual manera, se observó, tanto en los Diptera

como en el resto de grupos, una actividad diurna bimodal durante los meses más cálidos del año, con un pico principal en las últimas horas de la tarde y uno menos pronunciado al mediodía. Este patrón sufrió un cambio paulatino a medida que avanzó el otoño hasta convertirse en unimodal en invierno, coincidiendo el pico con las horas donde se registró mayor temperatura. Finalmente, se observó una marcada preferencia por el sotobosque por parte de la artropofauna, lo cual revela una escasa estratificación vertical entre este estrato y el espacio sobre el primer dosel formado en su mayor parte por *Q. ilex* y el dosel superior formado por *P. halepensis*.

### Agradecimientos

A Lluís Cabañeros, Francesc Llimona y resto del personal de la Estació Biològica Can Balasc así como a Rafel Cebrian del Parc Zoològic de Barcelona por el apoyo y las facilidades ofrecidas durante todas las etapas del estudio. A Sandra Nafria por su dedicación y paciencia infinita, en particular durante los muestreos de campo. A Miguel Carles-Tolrà por su interés y ayuda en la identificación de diversos especímenes. A Llorenç Badiella y Alexander Barroso por la constante aportación de ideas y apoyo. Este estudio se ha realizado gracias al apoyo del Consorci del Parc de Collserola y a las ayudas y subvenciones del Parc Zoològic de Barcelona y del Ajuntament de Barcelona correspondientes al periodo 2009-2010.

### Bibliografía

- Burkett, D.A.; Lee, W.J.; Lee, K.W.; Kim, H.C.; Lee, H.I.; Lee, J.S.; Shin, E.H.; Wirtz, R.A.; Cho, H.W.; Claborn, D.M.; Coleman, R.E.; Klein, T.A. 2001. Light, carbon dioxide, and octenol-baited mosquito trap and host-seeking activity evaluations for mosquitoes in a malarious area of the Republic of Korea. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 17 (3): 196-205.
- Caglar, S.S.; Alten, B.; Bellini, R.; Simsek, F.M.; Kaynas, S. 2003. Comparison of nocturnal activities of mosquitoes (Diptera: Culicidae) sampled by New Jersey light traps and CO<sub>2</sub> traps in Belek, Turkey. *J. Vector Ecol.* 28 (1): 12-22.
- Carles-Tolrà, M.; Saloña, M. 2004. Dípteros nocturnos y crepusculares (Insecta: Diptera) capturados con trampas Malaise y trampas de luz en la provincia de Vizcaya (Bizkaia, España). *Heteropterus Rev. Entomol.* 4: 41-49.
- Durán-Alarcón, S.; Carles-Tolrà, M.; Blasco-Zumeta, J.; Pujade-Villar, J. 1998. Familias de dípteros capturadas con trampa Malaise en Andorra. *Zapateri*, 8: 179-195.
- Galindo-Velasco, E.; Cruz-Vázquez, C.; Lezama-Gutiérrez, R.; Reyes-Velázquez, W.; Aguilar-Espinoza, S.; Pescador-Rubio, A. 2008. Fluctuación poblacional de *Haematobia irritans* (Diptera: Muscidae) en un hato bovino en Tecomán, Colima, México. *Vet. Méx* 39(2): 181-186.
- Gilbert, F.S. 1985. Diurnal activity patterns in hoverflies (Diptera, Syrphidae). *Ecol. Entomol.* 10(4): 385-392.
- Grillet, M.E.; Villamizar, N.J.; Cortez, J.; Frontado, H.L.; Escalona, M.; Vivas-Martínez, S.; Basáñez, M. G. 2005. Diurnal biting periodicity of parous *Simulium* (Diptera: Simuliidae) vectors in the onchocerciasis Amazonian focus. *Acta Tropica* 94(2): 139-158.

- Horchler, P.; Morawetz, W. 2008. Canopy structure and its effect on canopy organism: A general introduction and some first findings of the Leipzig Canopy Crane Project with special reference to vertical stratification. In: Floren, A.; Schmidl, J. (eds.). Canopy arthropod research in Europe, pp. 31-48, bioform entomology, Nuremberg.
- Kappmeier, K. 2000. Diurnal activity patterns of *Glossina brevipalpis* and *G. austeni* (Diptera: Glossinidae) in South Africa, with reference to season and meteorological factors. Onderstepoort J. Vet. Res. Sep; 67(3): 179-89.
- Kimura, M.T. 1988. Adaptations to Temperate Climates and Evolution of Overwintering Strategies in the *Drosophila melanogaster* Species Group. *Evolution* 42(6): 1288-1297.
- Klausmeyer, K.R.; Shaw, M.R. 2009. Climate Change, Habitat Loss, Protected Areas and the Climate Adaptation Potential of Species in Mediterranean Ecosystems Worldwide. *PLoS ONE* 4(7): e6392. doi:10.1371/journal.pone.0006392
- Kurokawa, K.; Yoshii, M.; Oda, T.; Kato, K.; Uchida, K.; Eshita, Y.; Tahara, H.; Mine, M.; Ogawa, Y. 2004. Effect of photoperiod on blood feeding activity of female hybrids between *Culex pipiens pipiens* and *Culex pipiens quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *Bull. Nagasaki Univ. Sch. Health Sci.* 17(1): 15-17.
- Llimona, F.; Tenés, A.; Cahill, S.; Cabañeros, L. 2000. Parc de Collserola: El estudio de la diversidad biológica y la aplicación a la gestión del Parque. <http://www.fedenatur.org/docs/docs/303.pdf>
- Mitchell, A.W.; Secoy, K.; Jackson, T. (eds.). 2002. The Global Canopy Handbook: Techniques of Access and Study in the Forest Roof. Global Canopy Programme. 248 p.
- Moffett, M.; Lowman, M. (1995). Canopy access techniques. Found in Lowman, M.; Nadkarni, N. (eds.). *Forest Canopies*. San Diego. p. 3-26.
- Murillo B.C.; Astaiza V.R.; Fajardo O.P. 1988. Biología de *Anopheles* (Kerteszia) *neivai* H., D. & K., 1913 (Diptera: Culicidae) en la Costa Pacífica de Colombia. III. Medidas de luminosidad y el comportamiento de picadura. *Rev. Saúde públ., S. Paulo*, 22: 109-112.
- Nieto, A.; Alexander, K.N.A. 2010. European Red List of Saproxyllic Beetles. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Observatorio Astronómico Nacional, Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Fomento, España. [www.fomento.es/MFOM/LANG.../Astronomia/](http://www.fomento.es/MFOM/LANG.../Astronomia/)
- Observatorio Fabra. 2010. Dades climàtiques i efemèrides meteorològiques. <http://www.fabra.cat/meteo/dades/dades.html>
- Oliveira, A.F.; Ferreira, R.L.; Rafael, J.A. 2007. Seasonality and diurnal activity of Tabanidae (Diptera: Insecta) of canopy in the Adolpho Ducke Forested Reserve, Manaus, Amazonas State, Brazil. *Neotrop. Entomol.* 36(5): 790-7.
- Oosterbroek, P. 2006. The European Families of the Diptera. Identification, diagnosis, biology. KNNV Publishing, Utrecht. 205 p.
- Preisser, E.; Smith, D.; Lowman, M. 1998. Canopy and ground level insect distribution in a temperate forest. *Selbyana* 19: 141-146.
- Pujade-Villar, J. 1996. Resultados preliminares obtenidos a partir de una trampa Malaise situada en una zona mediterránea pirenaica. *Pirineos* 147-148: 61-80.
- Raspall, A.; Llimona, F.; Navarro, M.; Tenés, A. 2004. Guia de Natura del Parc de Collserola. Consorci del Parc de Collserola (eds.), 238 p.
- Reyes-Villanueva, F.; Barrientos-Lozano, L.; Rodríguez-Pérez, M.A. 2006. Patrón de alimentación de mosquitos (Diptera: Culicidae) transmisores del virus del oeste del Nilo recolectados sobre caballos y humanos en el norte de México. *Vet. Méx.*, 37 (4): 407-415.

- Tal, O.; Freiberg, M.; Morawetz, W. 2008. Micro-climatic variability in the canopy of a temperate forest. In: Floren, A. and Schmidl, J. (eds): Canopy arthropod research in Europe, p. 49-59, bioform entomology, Nuremberg.
- Vecín, P.; Goiti, U.; Saloña, M.I. 2002. Artrópodos nocturnos y crepusculares capturados mediante trampa Malaise en Bizkaia, con especial referencia al orden Diptera. Estudios del Museo de Ciencias Naturales de Álava 17: 159-169.
- Viñolas, A. 2009. Biodiversitat de coleòpters en el Parc Natural del Cadí-Moixeró. El Picot Negre 14: 15-19.
- Viñolas, A.; Muñoz, J.; Soler J. 2009. Noves o interessants citacions de coleòpters per a Catalunya (Parc Natural del Montseny) i per a la península Ibèrica (Coleoptera) (3a nota). Orsis 24: 159-167.
- Wolda, H. 1988. Insect seasonality: why? Annual Review of Ecology and Systematics, 19: 1-18.
- Wolda, H. 1989. Seasonal cues in tropical organisms: Rainfall? Not necessarily! Oecologia, 80: 437-442.